

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Mateja Jasak

USPOREDBA PROTOKOLA IPv4 I IPv6

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 20. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**
Predmet: **Tehnologija telekomunikacijskog prometa I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 2350

Pristupnik: **Mateja Jasak (0135222456)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

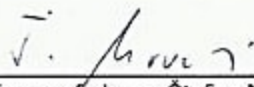
Zadatak: **Usporedba protokola IPv4 i IPv6**

Opis zadatka:

Opisati i analizirati funkcije Internet protokola (IP). Prikazati značajke IP protokola verzije 4 i verzije 6, te objasniti osnovne razlike među njima. Analizirati prednosti IPv6 protokola.
Opisati i analizirati usmjeravanje u mreži čiji rad se temelji na IP protokolu

Zadatak uručen pristupniku: 3. ožujka 2016.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Štefica Mrvelj

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

USPOREDBA PROTOKOLA IPv4 I IPv6

COMPARISON OF IPV4 AND IPV6 PROTOCOLS

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Štefica Mrvelj

Studentica: Mateja Jasak, 0135222456

Zagreb, 2016.

USPOREDBA PROTOKOLA IPv4 I IPv6

SAŽETAK

Internet protokoli služe za prijenos podataka. Svako računalo ima fizičku i logičku adresu. Fizička adresa računala je stalna i vezana je uz mrežnu karticu, dok je logička adresa promjenjiva. IPv4 protokol koristi se danas no zbog previše IP adresa dolazi do prepunjavanja adresnog spremnika i zbog čega se uvodi nova verzija Internet protokola poznata pod nazivom IPv6 protokol. IPv6 protokol donosi nova poboljšanja koja bi trebala doprinijeti bržem i sigurnijem prijenosu podataka. Zaglavlje IPv6 protokola je jednostavnije od IPv4 protokola. Usmjeravanje podataka od izvorišta do odredišta, pri čemu se odabire najbolji mogući put. Postoje dva tipa usmjeravanja, statičko usmjeravanje kod kojeg se rute usmjeravanja do odredišta upisuju ručno i dinamičko usmjeravanje kod kojeg će usmjernik odrediti kojim putem će paket ići do odredišta.

KLJUČNE RIJEČI: Internet protokol; IP adresa; IPv4; IPv6; usmjeravanje

COMPARISON OF IPv4 AND IPv6 PROTOCOLS

SUMMARY

Internet protocols are used to transmit data. Every computer has its physical and logical address. Physical address is permanent and is tied to the network card, while logical address is changeable. IPv4 protocol is used today and because too many IP address comes to overcharge and introduced a new generation protocol, named the IPv6 protocol. IPv6 protocol has been improved in such a way as to enable a faster and safer data transfer. IPv6 header is a simplified version of the IPv4 header. Routing is performed using an IP address that is written in the destination and it is used to transfer data from the source to the destination, using the best possible route. There are two types of routing, static routing in which route is written manually and dynamic routing in which router determines the best possible way to get to the destination.

KEYWORDS: Internet Protocol; IP address; IPv4; IPv6; routing

SADRŽAJ

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | UVOD..... | 1 |
| 2 | ZADAĆE IP PROTOKOLA | 2 |
| 2.1 | Datagram..... | 3 |
| 2.2 | Adresiranje na Internetu | 5 |
| 2.3 | Prijenos podataka između transportnog i mrežnog sloja | 6 |
| 2.4 | Usmjeravanje datagrama do udaljenih računala..... | 7 |
| 3 | ZNAČAJKE PROTOKOLA VERZIJE IPv4..... | 8 |
| 3.1 | Klase IP adrese | 8 |
| 3.2 | Zaglavlje IPv4 protokola | 10 |
| 3.3 | Tipovi IPv4 adresa..... | 12 |
| 3.3.1 | <i>Unicast</i> adrese | 13 |
| 3.3.2 | <i>Multicast</i> adrese | 14 |
| 3.3.3 | <i>Broadcast</i> adresa..... | 15 |
| 4 | ZNAČAJKE PROTOKOLA VERZIJE IPv6..... | 18 |
| 4.1 | Zaglavlje IPv6 protokola | 19 |
| 4.2 | Tipovi IPv6 adresa..... | 21 |
| 4.2.1 | <i>Unicast</i> adrese | 21 |
| 4.2.2 | <i>Multicast</i> adrese | 24 |
| 4.2.3 | <i>Anycast</i> adrese | 25 |
| 5 | ZNAČAJKE IP USMJERAVANJA..... | 26 |
| 5.1 | Usmjeravanje kod IPv4 protokola..... | 28 |
| 5.2 | Usmjeravanje kod IPv6 protokola..... | 30 |

| | | |
|---|---------------------------------------|----|
| 6 | OSNOVNE RAZLIKE IZMEĐU PROTOKOLA..... | 33 |
| 7 | ZAKLJUČAK..... | 37 |
| | LITERATURA | 38 |
| | POPIS ILUSTRACIJA..... | 40 |
| | Popis slika..... | 40 |
| | Popis tablica..... | 40 |
| | POPIS KRATICA | 41 |

1 UVOD

Internet protokol je protokol mrežnog sloja TCP/IP složaja čija je uloga adresiranje i usmjeravanje odnosno prijenos datagrama kroz mrežu. Postoje dvije verzije, Internet protokol verzije 4 i Internet protokol verzije 6.

Naslov završnog rada je Usporedba protokola IPv4 i IPv6. Svrha završnog rada je prikaz značajki protokola verzije 4 i verzije 6 te ih usporediti. Cilj rada je načiniti komparativnu analizu značajki protokola te istaknuti i prikazati prednosti i nedostatke pojedine verzije protokola. Rad je koncipiran u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Zadaće IP protokola
3. Značajke protokola verzije IPv4
4. Značajke protokola verzije IPv6
5. Osnovne razlike između protokola
6. Značajke IP usmjeravanja
7. Zaključak.

Drugo poglavlje nazivom **Zadaće IP protokola** opisuje osnovne zadaće koje IP protokol mora obaviti kao što su definiranje datagrama, definiranje sheme adresiranja na Internetu, prijenos podataka između transportnog i mrežnog sloja i usmjeravanje datagrama do udaljenih računala.

U trećem se poglavlju, **Značajke protokola verzije IPv4**, opisuju klase IP adresa, zaglavlje IPv4 protokola, i objašnjava se svako polje zaglavlja, te tipovi adresa.

Značajke protokola verzije IPv6 prikazane su u četvrtom poglavlju. Opisani su tipovi adresa koje podržava protokol te su definirana polja zaglavlja IP paketa odnosno uloga informacija zapisanih u pojedinom polju zaglavlja.

Postupak **IP usmjeravanja** i značajke pojedine vrste usmjeravanja opisane su u petom poglavlju.

Usporedni prikaz **Značajki IP protokola verzije 4 i verzije 6** dan je u šestom poglavlju kako bi se istaknule prednosti protokola verzije 6.

2 ZADAĆE IP PROTOKOLA

Internet protokol IP je internetski protokol mrežne razine koji ima osnovne funkcije adresiranja i usmjeravanja, odnosno prijenos datagrama kroz mrežu. Prilagođava se izvedbama prijenosne mreže i osigurava prijenos jedinica podataka. Fragmentiranje se provodi kada su veličine podataka transportnog sloja veće od maksimalne veličine. IP vodi računa o tome da datagram stigne na odredište, a što se tiče pouzdanosti prijenosa, to je prepušteno višim slojevima [1].

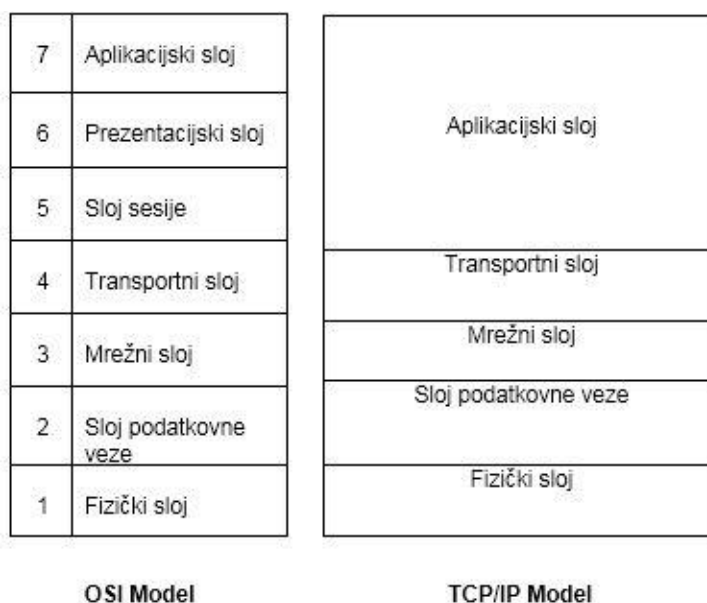
Model TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) je skup protokola koji omogućavaju komunikaciju između bilo koja dva računala u mreži. Opisuje se pomoću slojevitog modela, a sastoji se od IP protokola (služi za adresiranje paketa) i TCP protokola (poslužuje pakete, kontrola toka te isporuka paketa). TCP/IP model prema [1] sastoji se od četiri sloja, a to su:

aplikacijski sloj

prijenosni sloj / transportni sloj

Internet sloj / mrežni sloj

sloj mrežnog pristupa / fizički sloj + sloj veze.



Slika 1: Prikaz OSI referentnog modela i TCP/IP modela, [2]

Na slici 1 prikazana je usporedba slojeva OSI (*Open System Interconnection Model*) referentnog modela i TCP/IP modela. Razlika među njima je u broju slojeva i komunikaciji jer kod OSI modela, mrežni sloj koristi obje vrste komunikacije, a transportni sloj koristi komunikaciju s uspostavljanjem direktne veze. Kod TCP/IP modela, mrežni sloj koristi komunikaciju bez uspostavljanja direktne veze, a transportni sloj koristi obje vrste komunikacije.

Kod TCP/IP modela, aplikacijski sloj upravlja protokolima višeg nivoa, problematikom prikaza, enkodiranjem i kontrolom dijaloga, te osigurava ispravno pakiranje podataka za sljedeći sloj. Prijenosni / transportni sloj se brine o kvaliteti usluge, problematici pouzdanosti, protoku podataka, te ispravljanju pogrešaka. Internet / mrežni sloj omogućava slanje paketa s bilo koje mreže u međumrežje i njihov uspješan dolazak na odredište. Sloj mrežnog pristupa / fizički sloj + sloj veze uključuje LAN (*Local Area Network*) i WAN (*Wide Area Network*) protokole [3].

Zadaće IP protokola su:

- definiranje datagrama
- definiranje sheme adresiranja na Internetu
- prenosi podatke između mrežnog i transportnog sloja
- usmjerava datagram do udaljenih računala.

2.1 Datagram

Datagram je blok podataka koji se šalje na mrežu kao jedna poruka. Sastoji se od zaglavlja koje sadrži sve elemente potrebne za usmjeravanje datagrama, a nakon zaglavlja slijede podaci. Količina podataka koje datagram prenosi nije fiksna.



Slika 2: Struktura IP datagrama

Na slici 2 prikazan je datagram, koji se sastoji od korisničkog sadržaja, zaglavlja koji je dobio od sloja iznad te na kraju mu se dodaje zaglavlje od sloja na kojem se nalazi. Enkapsulacija podataka se opisuje tako da informacija putuje od aplikacije na izvorišnom računalu, a izvršava se na odredišnom računalu. Započinje u transportnom sloju i takvi podaci se nazivaju segment. Segment se spušta do mrežnog sloja i dobiva zaglavlje tog sloja i to dvoje zajedno čini paket. Zatim se paket spušta do sloja veze podatka, gdje paket i zaglavlje tog sloja čine okvir. U fizičkom sloju se podaci konvertiraju u oblik pogodan za prijenos podataka. Kada podaci stignu do odredišta postupak je obrnut i tada im se uklanjaju sva zaglavlja kako bi se dobio oblik podataka kakav je bio u trenutku slanja [4].

Uvođenjem IPv6, pojednostavljeno je zaglavlje i uvedena su nova polja koja imaju ulogu ispraviti nedostatke IPv4 zaglavlja.

| | | | |
|------------------|----------|--------------------|-------------------|
| Verzija | IHL | Tip usluge | Ukupna duljina |
| Identifikacija | | | Fragment „offset“ |
| Vrijeme života | Protokol | Provjera zaglavlja | |
| Izvorišna adresa | | | |
| Odredišna adresa | | | |
| Opcije | | | |
| Podaci | | | |

IPv4

| | | | |
|------------------|-----------|--------------------|--------------|
| Verzija | Prioritet | Tok paketa | |
| Dužina podataka | | Sljedeće zaglavlje | Broj skokova |
| Izvorišna adresa | | | |
| Odredišna adresa | | | |

IPv6

Slika 3: Usporedba IP zaglavlja različitih verzija protokola, [5]

Slika 3 prikazuje usporedbu zaglavlja. Polja koja se nisu mijenjala, a prisutna su kod oba protokola, prikazani su žutom bojom. Crvena polja sadrži samo IPv4 i nisu uvedena kod IPv6. Plava polja su zadržana, ali s promijenjenom pozicijom i nazivom, a zeleno polje je uvedeno u IPv6 jer se određivanje toka paketa pokazalo kao vrlo korisna funkcionalnost. Polje „Tip usluge“ kod IPv6 se naziva „Prioritet“ i pruža istu funkcionalnost. Polje „Ukupna duljina“ kod IPv6 je „Dužina podataka“, a funkcionalnosti su im ostale iste. Polje „Vrijeme života“ kod IPv6 se zove „Broj skokova“. Polje „Protokol“ kod IPv6 je „Sljedeće zaglavlje“ i također imaju istu funkciju [5].

O usporedbi protokola IPv4 i IPv6 bit će detaljno objašnjeno u poglavlju 6.

2.2 Adresiranje na Internetu

Kako bi se mogla razlikovati računala koja su međusobno spojena u mreži, mora im se dodijeliti jedinstvena oznaka. To se postiže tako da se koristi mrežno adresiranje koje je sastavljeno od fizičkog i logičkog adresiranja [4].

Fizičko adresiranje se odvija u podatkovnom sloju, a on sadrži podsloj MAC (*Media Access Control*). MAC ima zadaću adresiranja i upravljanja pristupnom medijem. Svaka mrežna kartica sadrži MAC adresu koja se sastoji od hardverske adrese i *Ethernet* adrese. MAC adresa je broj koji označava neku mrežnu karticu, a sastoji se od 48 bita koji se zapisuju u obliku 12 heksadekadskih znamenki s različitim načinima odvajanja znamenki. Mogu se zapisati kao [6]:

6 parova znamenki odvojenih crticom (01-23-45-67-89-ab)

6 parova znamenki odvojenih dvotočkom (01:23:45:67:89:ab)

3 skupine od 4 znamenke koje su odvojene točkom (0123.4567.89ab).

Prvih 24 bita ili prvih 6 heksadekadskih znamenki predstavljaju oznaku proizvođača mrežnih kartica dok je drugih 24 bita ili drugih 6 heksadekadskih znamenki jedinstveno za svaku karticu, a dodjeljuje ih proizvođač. Prvotno je zamišljeno da MAC adresa predstavlja neki mrežni uređaj, ali kod većine današnjih mrežnih kartica postoji mogućnost promjene MAC adrese i to se naziva *MAC spoofing*. Najznačajnija adresa je *broadcast* adresa koja služi da bi se okvir poslao na sve adrese koje se nalaze u mrežnom segmentu. Zapisuje se u heksadecimalnom obliku kao ff-ff-ff-ff-ff-ff.

Kako bi se podaci slali u *Ethernetu*, uređaj mora poznavati hardversku i logičku adresu. Logičku adresu računalo dobiva s obzirom na mrežu kojoj pripada, a određuje ju administrator mreže, te je dio IP paketa. ARP (*Address Resolution Protocol*) protokol je protokol pomoću kojeg se može pronaći MAC adresa računala ako je poznata samo njegova IP adresa. Logička adresa prikazuje se u decimalnom obliku kao 4 grupe brojeva koje su međusobno odvojene točkama. Primjer logičke adrese je 192.168.1.1. Kada računalo promijeni mjesto u mreži, može dobiti drugu IP adresu, ali MAC adresa u ovom slučaju se ne mijenja [6].

2.3 Prijenos podataka između transportnog i mrežnog sloja

Transportni sloj osigurava prijenos informacija kroz dva uređaja u bilo kojim dijelovima mreže i uspostavlja komunikaciju između mrežnog i aplikacijskog sloja koji je najbliži korisniku. Kada informacija dođe do mrežnog sloja tada se na osnovu zaglavlja saznaje na koji će se protokol transportnog sloja preusmjeriti informacija, a transportni sloj prosljeđuje informaciju aplikacijskom sloju [4].

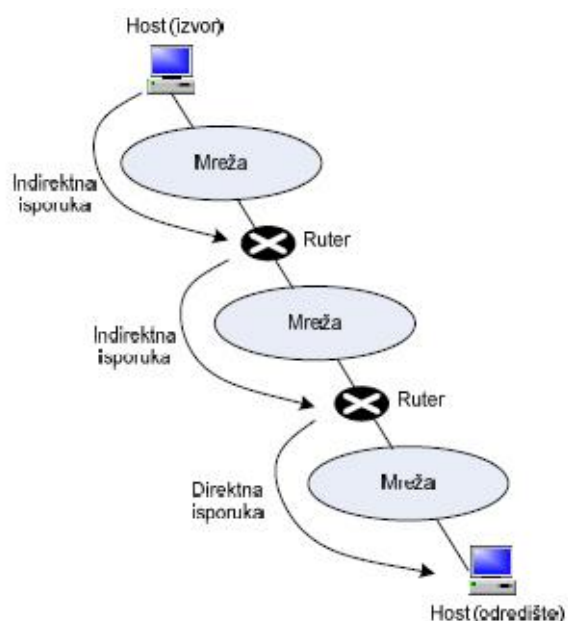
Protokol za nadzor prijenosa TCP (*Transmission Control Protocol*) je konekcijski orijentirani protokol što znači da obavlja pouzdani prijenos podataka i uspostavlja logičku vezu između procesa u mreži. TCP obavlja osnovni prijenos podataka, adresiranje i multipleksiranje, osigurava pouzdanost veze odnosno ne tolerira gubitak, pogrešan redoslijed, udvostručenje, kontrolu toka gdje primatelj šalje pošiljatelju potvrdu o primitku, kontrolu veze, sigurnost prijenosa te pogrešan sadržaj. Svaka informacija koja sadrži pogrešan sadržaj mora se ponovno prenijeti. Tu se veza uspostavlja prije, a raskida nakon što komunikacija bude obavljena.

Protokol korisničkih datagrama UDP (*User Datagram Protocol*) je nepouzdan prijenos paketa. Ovaj protokol se koristi kad je važnije da paketi stignu što prije na odredište nego ispravnost paketa. Paketi nisu numerirani i ne javlja se poruka ako dođe do greške [1].

Mrežni sloj omogućava uspostavljanje logičke veze između dva uređaja koji komuniciraju. Upravlja adresiranjem poruke, te prevođenjem logičkih adresa u fizičke adrese. Oni osiguravaju usmjeravanje virtualnim kanalom i datagramom. Kod usluge koja je izvedena virtualnim kanalom svi paketi se usmjeravaju istim putem, a odluke o usmjeravanju određuju se prilikom uspostavljanja novog virtualnog kanala. Kod usluge koja je izvedena datagramski, paketi se usmjeravaju zasebno kroz mrežu, što znači da paketi koji pripadaju istoj izvorišnoj poruci ne putuju na odredište onim putem kojim su odaslani [6].

2.4 Usmjeravanje datagrama do udaljenih računala

Usmjeravanje datagrama vrši se pomoću usmjernika, koji na temelju odredišne IP adrese usmjeravaju datagram do odredišta. Paketi se mogu usmjeravati statičkim usmjeravanjem kod kojeg se rute upisuju ručno, te one se ne mijenjaju sve dok ih administrator ne promijeni. Kod dinamičkog usmjeravanja usmjernik pamti više ruta te odabire najbolju rutu. *Defaultna* ruta se koristi onda kada se paketi prenose, a ne može se pronaći odredišta unutar tablice usmjeravanja.



Slika 4: Usmjeravanje paketa, [7]

Paketi se mogu slati direktnom i indirektnom vezom. Na slici 4, paket se šalje od izvorišta do drugog čvora, odnosno usmjernika jer odredište nije direktno povezano na mrežu. Do odredišta paket se mora prenijeti od usmjernika do usmjernika sve dok ne stigne do usmjernika koji je povezan na istu fizičku mrežu na kojoj se nalazi odredište. Direktna veza je u zadnjoj fazi kada se paket šalje direktno od usmjernika do odredišta [7].

Detaljno o usmjeravanju bit će objašnjeno u poglavlju 5.

3 ZNAČAJKE PROTOKOLA VERZIJE IPv4

IPv4 je internetski protokol verzije 4 i to je najrašireniji protokol na Internetu. Koristi 32-bitnu IP adresu, što znači da je duljina svake IP adrese propisana s 32 bita. IPv4 je IP adresa koja se koristi danas. To je identifikator koji globalno i jednoznačno određuje mrežno sučelje. Krajnji sustav koji predstavlja računalo ima jedno sučelje i jednu IP adresu dok je mrežni čvor koji služi kao usmjeritelj priključen na više mreža i ima više sučelja, te isto toliko IP adresa.

Sastoji se od dva dijela:

identifikatora mreže (*Net ID – Network Identifier*)

identifikatora krajnjeg računala (*Host ID – Host Identifier*).

Identifikator mreže određuje broj bita koji identificiraju mrežu u kojoj se nalazi mrežno sučelje i dodjela adrese preko ICANN (*Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*). Identifikator krajnjeg računala predstavlja ostatak bita koji služe za identifikaciju mrežnog sučelja koja je zadana s *Net ID*, dodjeljuje ih mrežni administrator i može ih dodatno podijeliti za uvođenje podmreža [8].

3.1 Klase IP adrese

IP adresa može se zapisati binarno i dekadski. Decimalni zapis IP adrese je 192.168.1.1, dok je u binarnom obliku, uz odvajanje u 4 grupe po 8 bita 11000000 10101000 00000001 00000001. S obzirom na to da je duljina 32 bita, može se izračunati maksimalni broj različitih adresa, a iznosi 4 294 967 296 adresa. Zbog povećanja broja umreženih računala, IPv4 zbog svoje limitiranosti nije više pogodan za adresiranje. Uvedena su neka rješenja za poboljšanje, a to je NAT (*Network Address Translation*), metoda pomoću koje više računala pristupa privatnim IP adresama gdje im je omogućeno pristupiti pomoću jedne ili više javnih IP adresa. Također postoje privatne IP adrese, kod kojih se nekoliko blokova IP-a proglasi privatnima, tako da se zahtjevi za javnim IP adresama reduciraju [9].

Tablica 1: Klase IP adrese

| Klase | Domet |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Klasa A | 0.0.0.0 – 127.255.255.255 |
| Klasa B | 128.0.0.0 – 191.255.255.255 |
| Klasa C | 192.0.0.0 – 223.255.255.255 |
| Klasa D (višeodredišna adresa) | 224.0.0.0 – 239.255.255.255 |
| Klasa E (rezervirana adresa) | 240.0.0.0 – 247.255.255.255 |

Izvor: [10]

U tablici 1 prikazuju se klase IP adresa i raspon adresa koje obuhvaćaju. Pod klasu A spadaju adrese s rezerviranim brojem računala. Koriste se kada postoji mali broj mreža s velikim brojem računala. Prvi bit je 0, a sljedećih sedam bita služe za identifikaciju mreže, dok ostali bitovi služe za identifikaciju računala u mreži. Kod klase B prva dva bita su 1 i 0 dok sljedećih 14 bita identificira mrežu. Ostatak bita kojih ima 16, identificiraju računalo. Klasa C ima prva tri bita 110, sljedećih 21 bita identificira mrežu, a preostalih 8 identificira računalo. Koristi se kod velikog broja mreža s malim brojem računala. Klasa D, prva četiri bita su 1110 dok je ostalih 28 bita rezervirano za višestruko odašiljanje. Kod ove klase nema identificiranja mreže i računala već se koristi za višestruko odašiljanje podataka. Klasa E prikazuje prva četiri bita 1111 dok je 28 bita rezervirano. Služi za buduće korištenje mreže [11].

Primjer IP adrese koja je prethodno navedena spada u klasu C, što znači da je adresa mreže 192.0.0.0, a adresa *hosta* 168.1.1. Treba napomenuti da kada se koristi uvođenje podmreža u *Host ID* dijelu tada nije moguće direktno odrediti mrežnu adresu već je potrebno znati i masku podmreže – *subnet mask* [12].

3.2 Zaglavlje IPv4 protokola

Paket se sastoji od glavnog dijela (podatak koji se šalje na odredište) i zaglavlja koje sadrži informacije, potrebne mreži kako bi mogla prosljeđivati pakete na definirani način. Slika 5 prikazuje format IP zaglavlja verzije 4. Detaljan opis pojedinog polja slijedi u nastavku.

| Bitovi | Bitovi 0-3 | 4-7 | 8-15 | 16-18 | 19-31 |
|--------|----------------------------|-------------------|------------|--------------------|-----------------|
| 0 | Verzija | Duljina zaglavlja | Tip usluge | Ukupna duljina | |
| 32 | Identifikacija | | | Flags | Fragment Offset |
| 64 | Vrijeme života | | Protokol | checksum zaglavlja | |
| 96 | Izvorišna adresa | | | | |
| 128 | Odredišna adresa | | | | |
| 160 | Opcije (0 ili više riječi) | | | | |
| 192 | Podaci | | | | |

Slika 5: Zaglavlje IPv4 protokola, [12]

Polje „Verzija“ (engl. *Version Field*) kod IPv4 zauzima četiri bita, a ima vrijednost 4, odnosno binarno 0100.

Polje „Duljina zaglavlja“ (engl. *Internet Header Length*, IHL) služi specificiranju ukupne duljine zaglavlja i označeno je s 32 bitnom riječi. Najmanja vrijednost koju ovo polje može imati je 5, kada je $5 \times 32 = 160$ bita = 20 bajta. Maksimalna vrijednost za 4 bitnu kombinaciju je 15 riječi, kada je $15 \times 32 = 480$ bita što iznosi 60 bajta [13].

Polje „Tip usluge“ (engl. *Type of Service*, TOS) je polje duljine 8 bita. Polje je osmišljeno za određivanje kvalitete usluge (engl. *Quality of Service*, QoS). Novije implementacije IPv4 protokola ovo polje mijenjaju sa 6 bitnim DSCP (engl. *Differentiated Service Code Point*) i 2 bitnim ECN (engl. *Explicit Congestion Notification*) poljem. DSCP polje određuje vrijednost QoS-a za svaki paket. ENC polje služi za dobivanje informacija o zagušenjima kroz mrežu između početka i kraja.

Polje „Ukupna duljina“ (engl. *Length*) služi za određivanje ukupne duljine IP paketa uključujući i podatke. Ovo polje prezentira se oktetima i u zaglavlju zauzima 16 bita.

Polje „Identifikacije“ (engl. *Identification*), zauzima 16 bita, a određeno je od strane pošiljatelja. Služi identifikaciji pojedinačnih paketa, koji su rastavljeni na fragmente od strane usmjernika [14].

Polje „Flags“, služi za određivanje postupanja uređaja prema određenom IP paketu. Polje se sastoji od tri bita. Prvi bit uvijek ima vrijednost 0, drugi bit služi za određivanje fragmentacije (0 – paket se smije fragmentirati, 1 – paket se ne smije fragmentirati), dok treći bit prezentira lokaciju paketa u nizu fragmentiranih paketa (0 – paket se nalazi kao zadnji fragment u nizu ili paket nije fragmentiran uopće, 1 – paket nije zadnji u nizu fragmentiranih paketa i treba se očekivati dolazak više fragmentiranih paketa).

Polje „Fragment Offset“, koristi 13 bita. Ovo polje služi određivanju konačnog uređaja gdje se trebaju nalaziti svi podaci nakon ponovnog sastavljanja. Paketi koji nisu fragmentirani i prvi paketi u nizu fragmentiranih paketa uvijek imaju vrijednost ovog polja postavljenu u 0.

Polje „Vrijeme života“ (engl. *Time to Live*, TTL) koristi se za određivanje količine vremena u kojoj je dopušteno paketu biti u mreži. Vrijeme života određeno je s 8 bita koji predstavljaju sekunde. Kako se komunikacija između uređaja izvršava za manje od 1 sekunde, ovo polje najčešće zaprima vrijednost najvećeg broja skokova od izvora do odredišta u mreži. Svaki uređaj koji zaprimi paket smanjuje vrijeme života za 1, neovisno o tome je li vrijeme slanja između 2 uređaja bilo manje od jedne sekunde. Kada polje dođe u vrijednost 0, paket se gubi.

Polje „Protokol“ (engl. *Protocol*) koristi 8 bita i služi označavanju protokola za slanje paketa. Ako polje poprimi vrijednost 0x06 (u heksadekadskom zapisu) ili 00000110 (u binarnom zapisu), koristi se TCP (engl. *Transmission Control Protocol*) protokol. Ako polje poprimi vrijednost 0x11 (u heksadekadskom zapisu) ili 00010001 (u binarnom zapisu), koristi se UDP (engl. *User Datagram Protocol*) protokol. *Internet Control Message Protocol* (ICMP) predstavljen je heksadekadskim zapisom 0x01 ili binarnim zapisom 00000001.

Polje „Checksum“ zauzima 16 bita. Služi kao metoda za provjeravanje i potvrđivanje da nije došlo do promjene niti jednog polja zaglavlja IP paketa. Zbog promjene polja „Vrijeme života“, polje „Checksum“ se ponovno računa unutar svakog uređaja u mreži.

Polja „Izvorišna“ (engl. *Source Address*) i „Odredišna“ (engl. *Destination Address*) adresa, određena s 32 bita, označavaju IP adresu izvorišnog i odredišnog uređaja.

Polje „Opcije“ (engl. *Options*) ima varijabilnu vrijednost duljine i u njemu se određuju dodatne opcije za slanje. Većina IP paketa, koji se šalju u suvremenim mrežama, nemaju ovo polje, zato što se ovo polje najčešće ne koristi [15].

Polje „Podaci“ (engl. *Data*) je polje varijabilne vrijednosti duljine. U ovom polju se spremaju podaci i protokoli vezani za slanje tih podataka, kao što su: TCP, UDP i ICMP. Ovo polje sadrži zaglavlje i podatke protokola transportnog sloja. Važno je napomenuti da svaki TCP/IP protokol dodaje svoje zaglavlje kada primi podatke od ostalih slojeva [16].

3.3 Tipovi IPv4 adresa

Kako bi se omogućilo komuniciranje unutar adrese Internet standard definira 3 tipa IPv4 adresa, a to su:

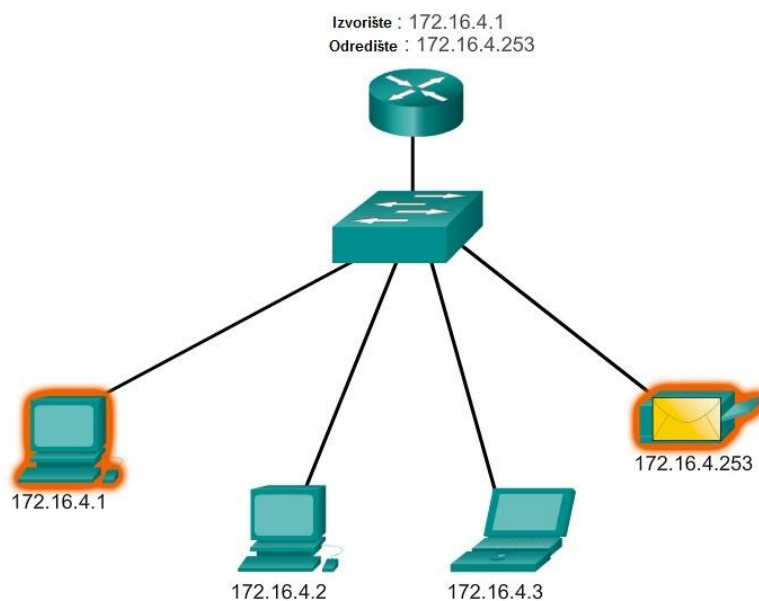
Unicast – dodjeljuje se jednom mrežnom sučelju koje se nalazi na određenoj podmreži i koristi se za komuniciranje jedan na jedan.

Multicast – dodjeljuje se jednom ili više mrežnim sučeljima koji se nalaze na različitim podmrežama i koriste se kada jedan korisnik komunicira prema većem broju primatelja.

Broadcast - dodjeljuje se svim mrežnim sučeljima, koja se nalaze na podmreži i koristi se za komunikaciju jednog korisnika prema svima koji se nalaze u toj podmreži.

3.3.1 Unicast adrese

Unicast adrese identificiraju lokaciju sučelja na mreži na isti način kao i što ulični brojevi identificiraju adresu. Da bi se locirala kućna adresa treba se znati prebivalište, isto tako i *unicast* adresa mora imati globalnu jedinstvenu mrežu i jedinstveni format. Svaka IPv4 *unicast* adresa uključuje mrežni dio (*network ID*) i računalni dio (*host ID*). Mrežni dio je fiksni dio *unicast* adrese koji se nalazi na fizičkom ili logičkom mrežnom segmentu koji je omeđen usmjernikom. Mrežni segment TCP/IP mreže poznatiji je kao podmreža. Svi sustavi koji se nalaze na fizičkoj i logičkoj podmreži moraju koristiti isti mrežni dio i mora biti jedinstven za cijelu TCP/IP mrežu. Računalni dio, poznatiji kao adresa krajnjeg računala je varijabilni dio i koristi se za identifikaciju mrežnog čvora na podmreži. Računalni dio mora biti jedinstven na mrežnom dijelu. Ako je mrežni dio jedinstven na TCP/IP mreži, a računalni dio je jedinstven za mrežni dio, tada se *unicast* adresa sastoji od mrežnog i računalnog dijela koji su jedinstveni za cijelu TCP/IP mrežu [15].

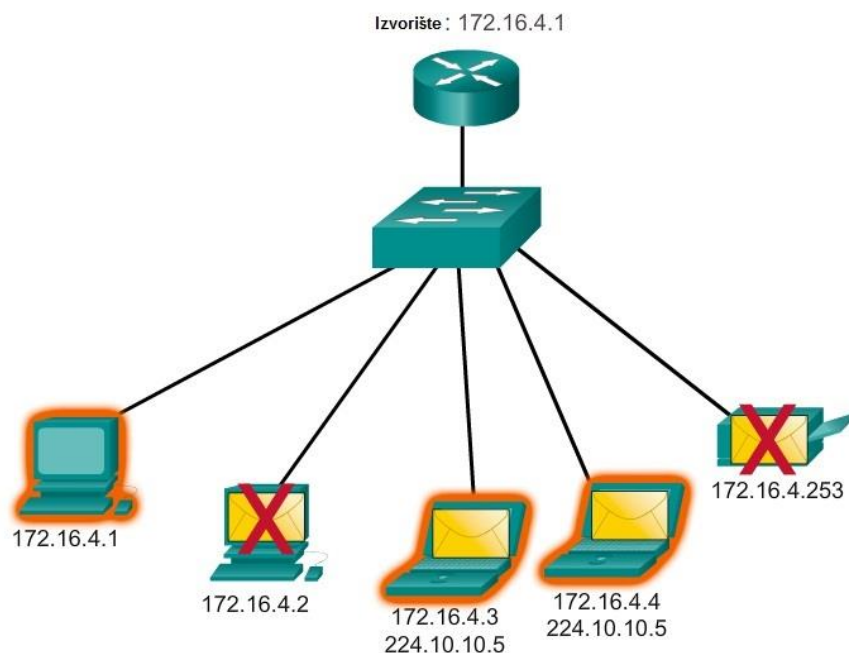


Slika 6: Komuniciranje putem *unicast* adrese, [17]

Na slici 6 se prikazuje komunikacija putem *unicast* adrese gdje se podaci šalju od jednog uređaja (adresa 172.16.4.1) prema drugom uređaju (adresa 172.16.4.253) unutar pod mreže. Odredište sadrži 32-bitnu adresu.

3.3.2 *Multicast* adrese

Multicast adrese se koriste za prijenos jednog paketa prema više primatelja. Na IPv4 *multicastu* omogućen je intranet, paket je proslijeđen od strane usmjernika do pod mreže, gdje se nalaze *host*-ovi koji osluškiju mrežni promet, poslan pomoću IPv4 *multicast* adrese. Definira se na klasi D 224.0.0.0/4 gdje se prefiks adrese rezervira za lokalne pod mreže [15].



Slika 7: Komuniciranje putem *multicast* adrese, [17]

Na slici 7 je prikazana komunikacija putem *multicast* adrese gdje uređaji međusobno komuniciraju preko usmjernika. Paketi se šalju jednom ili više uređaja. Izvorište šalje pakete usmjerniku i usmjernik usmjerava dalje prema ostalim uređajima.

3.3.3 *Broadcast* adresa

Broadcast adresa pruža komunikaciju prema svima unutar određene podmreže. Svi paketi se obrađuju na sučeljima unutar podmreže. Postoje različite vrste *broadcast* adresa:

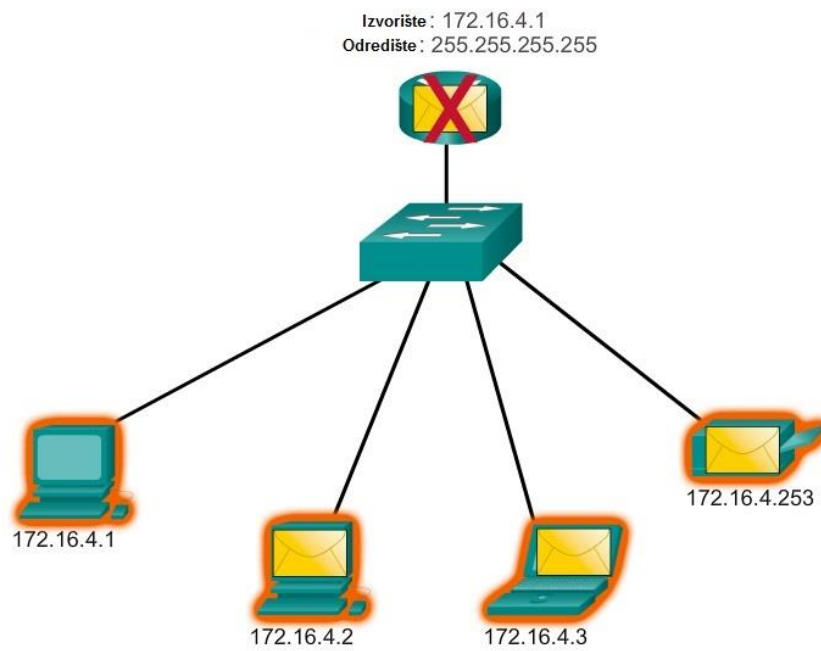
Mrežni *broadcast* – osnovan je tako da sve prefikse bita *host-a* postavlja u 1. Primjer može biti 131.107.0.0/16 koja je *broadcast* adresa, a klasični mrežni dio je 131.107.255.255. IPv4 usmjernik ne prosljeđuje mreži *broadcast* pakete.

Podmrežni *broadcast* – osnovan je tako da mu predznak započinje s 1, također je uveden kao mehanizam koji će poboljšati usmjeravanje i adresni prostor preko Interneta. Primjer takve adrese je 137.107.26.0/24, a može

se još zapisati kao 131.107.26.255. Podmrežni *broadcast* šalje sve pakete svima koji se nalaze u određenoj podmreži. Usmjernik također ne prosljeđuje podmrežne *broadcast* pakete.

Podmreže direktnog *broadcasta* – osnovane su s originalnim mrežnim dijelom s predznakom 1. Paketi se definiraju da bi stigli do mrežne kartice prema svim podmrežama. Primjer svih podmrežnih direktnih *broadcast* adresa za podmrežu 131.107.26.0/24 je 131.107.255.255.

Ograničen *broadcast* – osnovan je postavljanjem svih 32 bita IPv4 adrese na vrijednost 1 (255.255.255.255). Koristi se prilikom isporuke od jednoga prema svima koji se nalaze unutar lokalne podmreže kada je lokalna mreža poznata. IPv4 usmjernik prosljeđuje pakete unutar ograničenog *broadcasta* [15].



Slika 8: Komunikacija putem *broadcast* adrese, [17]

Na slici 8 prikazano je komuniciranje sa svima pomoću usmjernika koji usmjerava informacije među njima. Svi se nalaze u istoj podmreži i zato imaju mogućnost komunicirati jedan s drugim.

4 ZNAČAJKE PROTOKOLA VERZIJE IPv6

IPv6 je internetski protokol verzije 6 odnosno nova generacija protokola koja će zamijeniti postojeću IPv4 verziju. IPv6 adresa je veličine 128 bita. Za razliku od IPv4, nova verzija ima veći broj raspoloživih adresa, jednostavnija je i jeftinija za održavanje, omogućava je direktno adresiranje zbog većeg adresnog prostora što usmjeravanje čini učinkovitijim. Također su uvedene i sigurnosne značajke koje kod IPv4 nisu uvedene [18].

Podijeljena je u dva dijela:

mrežni prefiks (*network prefix*)

računalni prefiks (*host prefix*).

Mrežni prefiks se dodjeljuje od strane institucija, a računalni prefiks se dodjeljuje ili automatski iz MAC adrese ili od mrežnog administratora. IPv6 piše se u osam grupa po četiri heksadekadske znamenke i svaka grupa odijeljena je s ":". Primjer IPv6 adrese je 2001:b68:0:0:c789:0:f123. Ukoliko se u adresi ponavljaju nule tada se one mogu zamijeniti sa znakom "::" koji se može upotrijebiti samo jednom. Osim navedenog, adresa se može zapisati u obliku 2001:b68:0:a123::f123/64 i uz ovakvu mrežu na raspolaganju je 64 bita.

Kod adresiranja može biti više adresa bilo kojeg tipa (jednoodredišna, višoodredišna, rezervirana) na jednom fizičkom sučelju. Sva sučelja imaju *Link-local* adrese i one su jedinstvene samo na razini linka. Svrha te adrese je autokonfiguracija ili trenutni pristup mreži ako nema usmjernika.

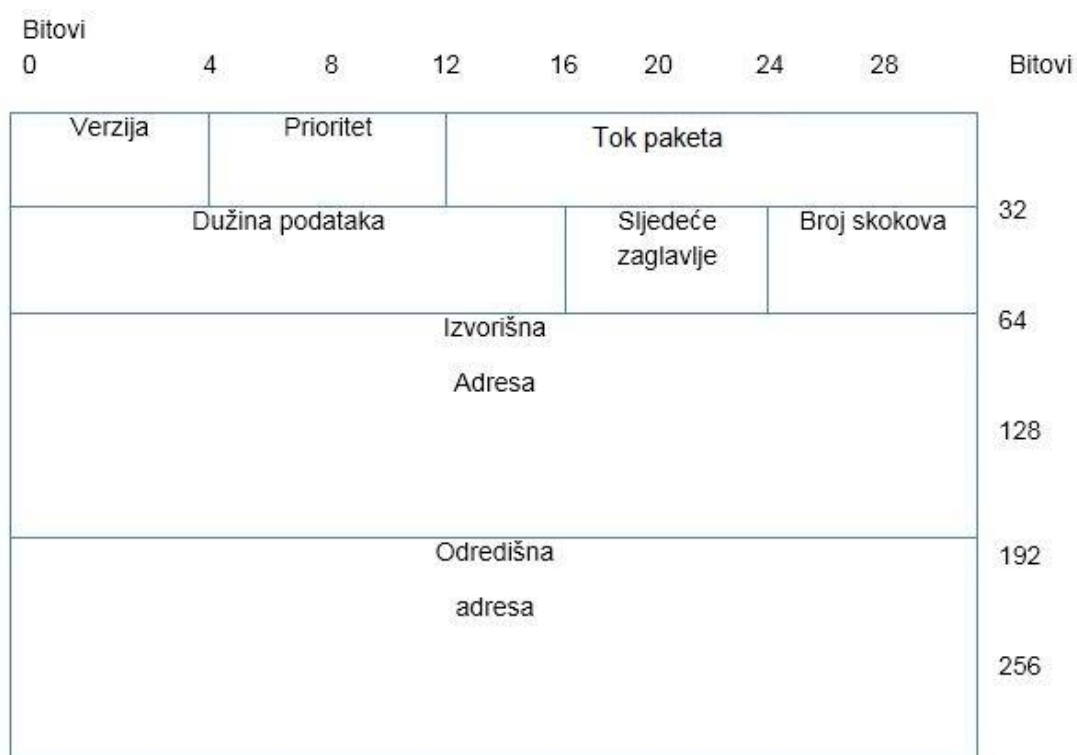
Usmjeravanje IPv6 paketa omogućava da usmjeravanje bude na razini usmjernika nakon što *Global unicast* adrese budu konfigurirane na razini lokalne mreže. Usmjeravanje može biti dinamičko – pomoću usmjerivačkih protokola ili statičko - pomoću statičkih ruta. I kod IPv4 i IPv6 bilo kakve promjene ili konfiguracije jednog protokola neće uzrokovati probleme na drugom protokolu. To ima svoje prednosti i mane. Prednost je da su protokoli neovisni jedan o drugom, ali mana je da na usmjerniku ne postoji jedan usmjerivački protokol nego dva [19].

Uvođenjem IPv6 protokola prema [19] zaglavlje dobiva neke nove značajke:

- novi format zaglavlja
- veličina adresnog prostora
- ugrađeni sigurnosni mehanizmi
- poboljšana podrška za kvalitetu usluge
- proširivost.

4.1 Zaglavlje IPv6 protokola

Za razliku od zaglavlja IPv4 paketa, IPv6 ima pojednostavljeno zaglavlje, s obzirom na smanjenje broja polja, postignuta je brža obrada paketa u mreži te na taj način usmjernici u mreži ne troše vrijeme na obradu polja koja se ne odnose na njih. Važno je napomenuti da su izbačena polja koja su zastarjela i slabo korištena [20].



Slika 9: Zaglavlje IPv6 protokola, [21]

Na slici 9 je prikazano zaglavlje IPv6 protokola. Uspoređujući ovo zaglavlje sa zaglavljem IPv4, najznačajnija promjena odnosi se na polje „Opcije“ koje se nalazi kod

IPv4 adrese jer duljina zaglavlja nije ujednačena nego ovisi o broju korištenih opcija i to usporava postupak obrade i usmjeravanja paketa, dok IPv6 protokol informacije o dodatnim uslugama pomiče u dio paketa koji se naziva ekstenzija zaglavlja.

Polje „Verzija“ kao i kod IPv4 zaglavlja predstavlja verziju IP protokola. Polje „Prioritet“ može poprimiti različite vrijednosti kako bi se omogućilo izvoru da radi razlike između paketa. Ovo polje koristi izvor i usmjernik kako bi identificirali podatkovne pakete i kako bi napravili razlike između paketa različitih prioriteta.

Polje „Tok paketa“ može se koristiti od izvorišta za označavanje paketa koji pripadaju tom istom slijedu. Kod IPv6, usmjernik mora prenijeti pakete koji pripadaju istom slijedu na sličan način. Informacije koje pripadaju određenom slijedu mogu se odrediti same u sklopu paketa, a mogu se i prenijeti pomoću kontrole protoka kao što je RSVP (*Resource reSerVation Protocol*). Slijed je jedinstveno identificiran kao kombinacija izvorišta i protoka različitog od 0.

Polje „Dužina podataka“ sadrži duljinu polja podataka u oktetima ili bitovima. Ovo polje mora biti postavljeno na nulu. U slučaju da je potrebna veća nosivost paketa, postoji proširenje unutar IPv6 zaglavlja.

Polje „Sljedeće zaglavlje“ identificira vrstu zaglavlja odmah nakon IPv6 zaglavlja. Ovo polje određuje protokol transportnog sloja. Dvije najčešće verzije su TCP i UDP. Ovo polje je slično kao i polje „Protokol“ kod IPv4.

Polje „Broj skokova“ je 8 bit-ni cijeli broj koji će se smanjiti za jedan kada paket prođe kroz neki uređaj. Ako prilikom smanjivanja vrijednost dođe do nule, smatra se da je taj paket izgubljen.

Polje „Izvorišna adresa“ je 128-bitna adresa koja predstavlja izvor.

Polje „Odredišna adresa“, također je 128-bitna adresa koja predstavlja odredište [22].

4.2 Tipovi IPv6 adresa

Kao i kod IPv4 adrese, u IPv6 verziji također postoje tri vrste adresa koje označuju sučelja, redom to su [23]:

unicast adrese

multicast adrese

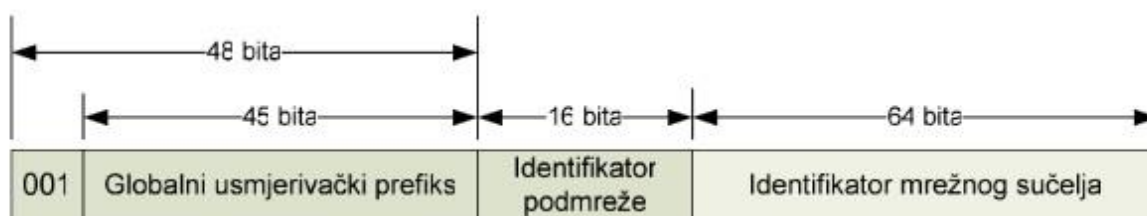
anycast adrese.

4.2.1 Unicast adrese

Unicast adresiranje je adresiranje mrežnog sučelja unutar jedinične adrese odgovarajućeg tipa. Naziva se jednodređišno adresiranje. Paketi se isporučuju samo jednom mrežnom sučelju pa se ovaj tip koristi za komunikaciju jedan na jedan.

Vrste adresa koje pripadaju *unicast* IPv6 adresama su globalne jednodređišne adrese, adrese lokalne poveznice odnosno *Link-local*, adrese administrativne domene (*Site-local*), jedinstvene lokalne IPv6 jednodređišne adrese te posebne adrese [23].

Globalne jednodređišne adrese slične su javnim IPv4 adresama odnosno dostupne su na globalnoj razini. Arhitektura IPv6 adrese oblikovana je tako da podržava efikasno hijerarhijsko adresiranje i usmjeravanje.

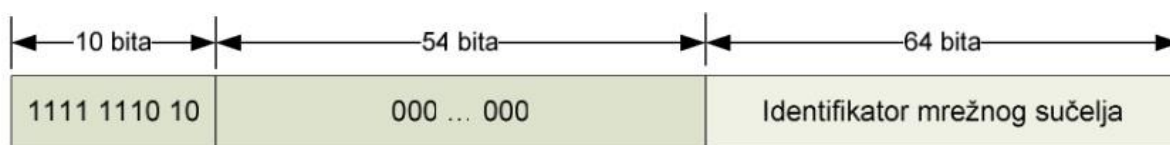


Slika 10: Globalna jednodređišna adresa, [23]

Na slici 10 prikazana je struktura globalne jednodredišne adrese. Podijeljena je u tri kategorije. Bitovi 001 označuju fiksni dio adrese. Globalni usmjerivački prefiks koristi se za administrativne domene. Poslije dodjele adresa, usmjerivači na IPv6, Internetu prosljeđuju sav promet čijih se prvih 48 bita adrese poklapa s navedenim usmjerivačima neke organizacije. Identifikator pod mreže koristi se kako bi se identificiralo pod mrežu kojoj je paket namijenjen, veličine 16 bita. Identifikator mrežnog sučelja je 64-bitni identifikator, određuje mrežno sučelje pod mreže za odgovarajuću administrativnu domenu organizacije kojemu je paket namijenjen.

Jednodredišne adrese za lokalno korištenje dijele se na dvije vrste koje su namijenjene lokalnom korištenju:

1. Adresa lokalne poveznice – za korištenje između dva računala na istoj lokalnoj mreži u procesu otkrivanja susjeda. Odgovaraju automatskim privatnim adresama koje se koriste kod IPv4 protokola.



Slika 11: Adresa lokalne poveznice, [23]

Slika 11 prikazuje strukturu adrese lokalne poveznice koja nije izravno spojena na Internet bez opasnosti da će doći do problema s globalnim jednodredišnim adresama.

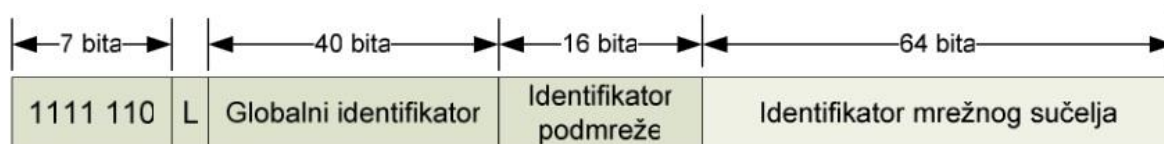
2. Adresa administrativne domene – za komunikaciju između dva čvora koji se nalaze unutar iste administrativne domene.



Slika 12: Adresa administrativne domene, [23]

Na slici 12 prikazana je struktura adresa administrativne domene koje nisu dostupne izvan domene u kojoj se definira promet paketa i zbog toga se ne proslijeđuje izvan domene iz koje je i poslan.

Adrese lokalne poveznice omogućuju privatno adresiranje. Prefiks ovakve adrese može adresirati višestruke domene određene organizacije. Prefiks se dakle može i duplicirati tako dolazi do ne jednoznačnosti adrese lokalne poveznice što stvara problem za aplikacije, usmjerivače te mrežne administratore. Kako bi se spriječilo da dođe do problema, adrese lokalne poveznice se zamjenjuju adresama koje su u okvirima privatne i jedinstvene [23].



Slika 13: Jedinstvena lokalna IPv6 jednodređena adresa, [23]

Slika 13 prikazuje strukturu jedinstvene lokalne jednodređene adrese čiji je doseg globalni, a dostupnost je određena topologijom usmjeravanja. Organizacije neće oglašavati prefikse lokalnih adresa te ih na taj način čine globalno nedostupnim.

Pod posebne adrese spadaju neodređene adrese i adrese povratne petlje. Neodređena adresa koristi se kako bi se ukazao nedostatak adrese i kao takva nikada se ne dodjeljuje mrežnom sučelju niti se koristi kao odredišna adresa IPv6 paketa. Adresa povratne petlje koristi se za identifikaciju povratnog mrežnog sučelja koja mrežnim čvorovima omogućava da mogu slati pakete sami sebi i nikada se ne šalju na mrežnu poveznicu niti se proslijeđuju usmjerivačima [23].

4.2.2 Multicast adrese

Višeodredišno adresiranje funkcionira kao i kod IPv4 protokola. Čvorovi mogu osluškivati mrežni promet na jednoj ili više višeodredišnih adresa, mogu pristupiti višeodredišnoj grupi ili je napustiti. Ovakva se adresa ne smije koristiti kao izvorišna adresa.

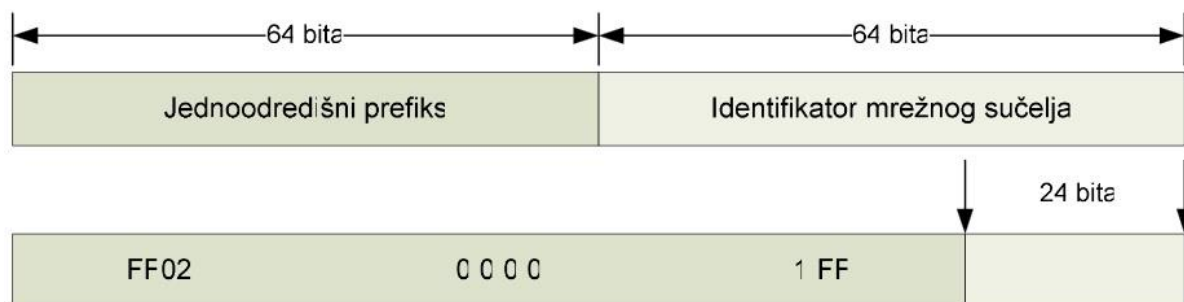
Ovakve adrese su jednostavne jer su prvih osam bita jedinice i zbog toga ih je jednostavno klasificirati.



Slika 14: Višeodredišna adresa, [23]

Slika 14 prikazuje kako izgleda struktura višeodredišne adrese gdje polje Z označava zastavicu koja se sastoji od 4 bita. Ako je postavljena u 0, označava permanentnu dodjelu od strane IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*). Ako je postavljena na 1, radi se o privremenoj višeodredišnoj adresi. Doseg, veličine 4 bita, prikazuje koliki je doseg namijenjen za višeodredišni paket. Usmjernici se koriste kako bi odredili da li je potrebno paket dalje prosljeđivati. Vrijednosti ovog polja je 1 (koji predstavlja doseg lokalnog mrežnog sučelja), 2 (koji predstavlja doseg lokalne poveznice), te 5 (koji predstavlja doseg lokalne administrativne domene). Identifikator grupe određuje višeodredišnu grupu i ta je adresa jedinstvena unutar dosega adrese. Veličina polja je 112 bita.

Višeodredišna adresa na zahtjev čvora definira se radi jednostavnijeg upita mrežnog čvora prilikom razlučivanja adrese. Za razlučivanje adrese koriste se poruke za otkrivanje susjeda. Ova metoda sastoji se od prefiksa i 24 bitne adrese, a koristi se kao odredišna adresa koju zahtijeva čvor.



Slika 15: Višeodredišna adresa na zahtjev čvora, [23]

Slika 15 prikazuje kako izgleda struktura višeodredišne adrese na zahtjev čvora kod kojih su mnogo manja opterećenja mreže čvorova bez obzira što je puno zahtjeva za rezolucijom adrese [23].

4.2.3 Anycast adrese

Kod posljednjeg tipa IPv6 adrese, „najbliža“ adresa dodjeljuje se višestrukim mrežnim sučeljima. Paketi nakon što se pošalju na takvu adresu, prosljeđuju se usmjerivačkom infrastrukturom do „najbližeg“ mrežnog sučelja kojemu je „najbliža“ adresa dodijeljena, a „najbliže“ mrežno sučelje određeno usmjerivačkom metrikom. „Najbliže“ adrese koriste se isključivo kao odredišne adrese, a također su dodijeljene i IPv6 usmjerivačima. Doseg „najbližih“ adresa određen je dosegom odgovarajuće jednoodredišne adrese. Svaki usmjerivač unutar podmreže mora imati „najbližu“ adresu koja je određena prefiksom podmreže za određeno mrežno sučelje. „Najbliža“ adresa usmjerivača stvara se na način da se bitovi prefiksa fiksiraju, dok se ostali bitovi postave u 0. Svim mrežnim sučeljima koji su spojeni na određenu podmrežu dodjeljuju se adrese koje se koriste u komunikaciji s jednim od usmjerivača udaljene podmreže [23].

5 ZNAČAJKE IP USMJERAVANJA

Usmjeravanje je ključna funkcija mrežnog sloja, a vrši se uz pomoć IP adrese krajnjeg odredišta koja se upisuje u zaglavlje IP datagrama. Da bi paketi stigli na odredište, moraju preći preko uređaja koji proslijeđuje podatke, a naziva se usmjernik (*router*). Primarna uloga usmjernika je osigurati paketu da stigne od izvorišta do odredišta, a sekundarna da omogući da paketi idu najboljim putem. Zadatak usmjernika je da primi paket i proslijedi ga na odgovarajuće sučelje kako bi taj paket mogao stići na odredište [24].

Vrste usmjeravanju su:

statičko usmjeravanje

dinamičko usmjeravanje

defaultna ruta.

Statičko usmjeravanje je proces kod kojeg se pojedine rute u tablici usmjeravanja upisuju ručno od strane administratora koji sam odredi pojedine rute. Te rute se ne mijenjaju sve dok ih administrator ne promijeni i iz tog razloga se zovu statičke rute. Ako dođe do kvara na vezi, administrator mreže mora tu promjenu ažurirati pri čemu se mijenja ruta. Smatra se najjednostavnijim procesom usmjeravanja. Kako sve ima svoje prednosti i mane, tako je i u ovom slučaju. Prednosti su da je takvo usmjeravanje jednostavnije za konfiguriranje i održavanje, a najčešće se koristi kako bi usmjeravanje između glavne i izdvojene mreže kojoj se može pristupiti samo jednom putanjom jer je ta statička ruta jedina koja vodi do mreže i od mreže. Nedostaci su rute koje su eksplicitno određene za sve mreže, a to je proces u kojemu se rute obnavljaju ručno nakon promjene stanja u mreži. Neće funkcionirati dobro onda kada se poslane informacije moraju često mijenjati. Nije prikladan kada se trebaju mijenjati podaci za veliki broj usmjernika.

Dinamičko usmjeravanje se zasniva na automatskom kreiranju i ažuriranju tablica usmjeravanja. Usmjernik će zapamtiti prvo rutu do svih priključenih mreža, zatim će zapamtiti i rute do drugih usmjernika koje se služe istim protokolom za usmjeravanje.

Nakon navedenih koraka, usmjernik će odabrati najbolju rutu do odredišta. Tako se prenose informacije o tome koje mreže postoje i kojim putem se može doći do njih. Pomoću ovog usmjeravanja se prilagođava novim promjenama topologije logičke mreže i nedostacima opreme [25].

Defaultna ruta usmjerniku pokazuje gdje da se pošalju paketi kojima se ne može pronaći odredište unutar tablice usmjeravanja.

Značajke protokola usmjeravanja sastoje se od sljedećih karakteristika:

- optimalnost
- jednostavnost
- robusnost i stabilnost
- brza konvergencija
- prilagodljivost.

Optimalnost je odabir najbolje rute, koju određuje usmjerivač. Izbor najbolje rute ovisi o korištenoj metrici i o njihovom kombiniranju. Algoritam usmjeravanja mora imati definirane procedure za proračun metrike. Kod algoritama usmjeravanja, jedna od značajki je jednostavnost, oblikuju se da budu što jednostavniji kako bi ih se mogli implementirati efikasno, sa što manjim aplikacijama i bez nepotrebnih funkcionalnosti. Efikasnost je posebno bitna u primjenama kod kojih se algoritmi usmjeravanja izvode na računalnim sustavima ograničenih i memorijskih resursa. Algoritmi usmjeravanja također trebaju biti robusni i trebaju ispravno funkcionirati u neobičnim i nepredviđenim okolnostima. U nepredviđene okolnosti spadaju sklopovski kvarovi, uvjeti visokog opterećenja ili pogreške. Usmjerivači predstavljaju najpovezanije čvorove i ako se zataje, to može uzrokovati značajne gubitke. Brza konvergencija je karakteristika kod koje se svi usmjerivači moraju složiti oko najbolje rute i nužna je kod svakog algoritma usmjeravanja. Ako neki usmjerivač prestane raditi, razmjenjuju se ažurirajući poruke. Algoritmi sporom konvergencijom mogu uzrokovati stvaranje beskonačnih petlji i ispade mreže. Što se tiče prilagodljivosti, algoritmi usmjeravanja se trebaju brzo i pravilno prilagođavati različitim događajima u mreži. U slučaju ispada segmenta iz mreže, algoritam brzo pronalazi sljedeću najbolju rutu koja je svojim dijelom prolazila nedostupnim segmentom mreže. Također imaju funkciju prilagođavanja promjenama propusnosti mreže, kašnjenja i drugih varijabli [25].

Parametri odabira rute su:

Duljina rute najčešća je korištena metrika. To je zbroj troškova svih mrežnih veza koje ju čine.

Pouzdanost se odnosi na pouzdanost pojedinih mrežnih veza. Najčešće se opisuje neispravno prenesenim bitovima. Pokazatelj pouzdanosti može biti i vrijeme koje je potrebno da se osposobi mrežna veza nakon njena prekida uslijed kvara ili napada.

Kašnjenje je vrijeme koje je potrebno za prijenos podatkovnog paketa od izvorišta do odredišta. Ovisi o mnogim čimbenicima, a to su: propusnost pojedinih mrežnih veza, redovi čekanja na usmjerivačima, zagušenost mreže i fizička udaljenost koju paket treba prijeći. Ovisnost kašnjenja čini ovu metriku vrlo praktičnom i najčešće korištenom.

Propusnost – se odnosi na komunikacijski kapacitet mrežne veze. Ovo je maksimalan iznos protoka podataka putem komunikacijskog kanala. Ako brža veza bude zagušena intenzivnim prometom, paket može brže stići do odredišta onom rutom koja vodi preko sporijih, ali te veze nisu zauzete.

Opterećenje je stupanj zauzetosti mrežnog resursa. Može se proračunati na broju obrađenih podatkovnih paketa u sekundi ili iskorištenosti jedinice.

Cijena je najznačajnija metrika. Moguće je slanje paketa sporijom vezom ili bržom javnom linijom čije se korištenje naplaćuje.

5.1 Usmjeravanje kod IPv4 protokola

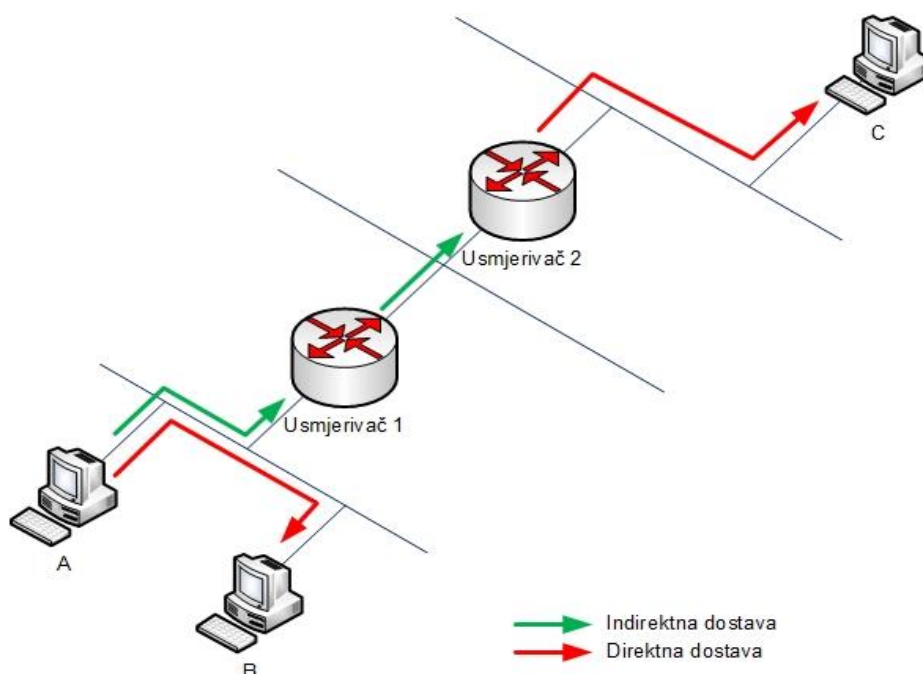
Usmjeravanje je proces prosljeđivanja paketa na temelju odredišne IP adrese. Usmjeravanje uključuje i TCP/IP *host* i IP usmjernik. *Host* i usmjernik trebaju odlučiti o tome kako će se paket proslijediti. Tablica usmjeravanja se kreira po *defaultu* kada se TCP/IP inicijalizira te ih administrator unosi ručno ili automatski prilikom komunikacije s usmjernikom.

IP paketi koriste najmanje jedan od dva moguća načina dostave, koji ovise o odredištu, ovisno o direktnoj povezanosti odredišta na mrežu. Ta dva načina dostave mogu biti direktno ili indirektno dostavljane.

Direktno dostavljanje javlja se kada IP čvor (čvor koji šalje ili IP usmjerivač) prosljeđuje paket na odredište, koje je direktno povezano na mrežu. IP čvor enkapsulira IP pakete u okvir za mrežni sloj, zbog fizičke adrese (MAC adrese).

Indirektno dostavljanje javlja se kada IP čvor (čvor koji šalje ili IP usmjerivač) prosljeđuje paket na drugi čvor (IP usmjerivač) zato što odredište nije direktno povezano na mrežu. IP čvor enkapsulira IP paket u okvir za mrežni sloj, zbog fizičke adrese.

IP usmjeravanje predstavlja kombinaciju između direktne i indirektno dostave.



Slika 16: Prikaz direktnog i indirektnog dostavljanja, [26]

Prema slici 16 kada se paket šalje između čvora A i čvora B to predstavlja direktnu dostavu, a kada se paketi šalju između čvorova C i A, potrebno je najprije imati indirektnu dostavu između čvora A i usmjernika 1 te usmjernika 1 i usmjernika 2, a zatim direktnu dostavu između usmjernika 2 i čvora C.

U tablici usmjeravanja spremljene su adrese IP čvorova. Tablica usmjeravanja posjeduje informacije o IP čvorovima i informacije kako doći do tih čvorova. Kada IP

paket treba usmjeravati, tablica usmjeravanja se koristi za određivanje rute. U tablici usmjeravanja spremljene su adrese IP čvorova.

Kada se upisuju podaci u tablicu usmjeravanja, informacije trebaju sadržavati: identifikator mreže, mrežnu masku, sučelje, *Next hop*, *Metric*.

Mrežna maska služi za uspoređivanje odredišne IP adrese s identifikatorom mreže. *Next hop* u sebi ima spremljenu IP adresu sljedećeg čvora u mreži. Sučelje prikazuje koje mrežno sučelje se koristi za prosljeđivanje IP paketa. U polju *Metric* se nalazi najčešći broj skokova između dva čvora kojim se označavaju troškovi rute kako bi se odabrao najbolji put do odredišta.

Za određivanje zapisa u tablici usmjeravanja za sljedeći skok, IP protokol koristi sljedeća dva koraka. U prvom koraku IP protokol provodi logičku operaciju konjunkcije (logičko „i“) između odredišne IP adrese i mrežne maske. U tom se koraku, također uspoređuje rezultat s *Network ID*-em, zbog podudaranja. U drugom koraku stvara se popis odgovarajućih ruta. Nakon stvaranja popisa odgovarajućih ruta bira se najbolja ruta. Najbolja ruta je najdirektnija ruta do odredišne IP adrese. Ako postoje dvije najbolje rute, odabire se ruta s najmanjim brojem skokova od izvora do odredišta.

Krajnji rezultat u procesu određivanja ruta je jedna ruta u tablici usmjeravanja, koja propušta IP adresu sljedećeg uređaja i sučelja. Ako proces određivanja rute ne uspije, IP protokol označuje grešku prilikom usmjeravanja. Za pošiljatelja, greška o IP usmjeravanju se šalje prema protokolima višeg sloja (npr. TCP ili UDP). U usmjerivaču se šalje poruka o neuspjelom usmjeravanju (*ICMP Destination Unreachable–Host Unreachable*) na izlazni *host* [26].

5.2 Usmjeravanje kod IPv6 protokola

Usmjeravanje kod IPv6 protokola je slično kao što je kod IPv4 protokola. Unos u tablice usmjeravanja nastaje ili ručno, kad ih upisuje sustavni administrator ili ih komunikacija s usmjerivačima dodaje automatski. Tablica usmjeravanja pohranjuje

podatke o IPv6 mrežnim prefiksima i načinima dolazaka do njih (direktno ili indirektno). Prije korištenja tablice usmjeravanja provjerava se *cache* [27] odredišta, koji je poznat kao baza za prosljeđivanje informacija, zbog traženja potvrde o odredišnoj adresi. Ako *cache* odredišta ne sadrži informacije o adresi, tablice usmjeravanja služe za određivanje adrese i sučelja sljedećeg čvora u mreži.

Adresa sljedećeg čvora u mreži predstavlja adresu odredišta u paketu kod direktnog dostavljanja ili adresu sljedećeg čvora (usmjerivača), kod indirektnog dostavljanja. Sučelje sljedećeg čvora u mreži identificira fizičko ili logičko sučelje koje se koristi za prosljeđivanje paketa do njegovog odredišta ili do sljedećeg usmjerivača.

Nakon što se odredi adresa i sučelje sljedećeg čvora, osvježava se *cache* odredišta. Sljedeći paketi koji se prosljeđuju u mreži za usmjeravanje koriste *cache* zapis odredišta, a ne tablicu usmjeravanja.

Zapisi u IPv6 tablicama usmjeravanja spremaju sljedeće tipove ruta: *Directly attached network routes*, *Remote network routes*, *Host routes* i *Default route*. *Directly attached network route* je ruta za mrežne prefikse koji su direktno povezani i obično imaju 64 bitni prefiks. *Remote network route* je ruta za mrežne prefikse koji nisu direktno povezani, no do njih se može doći preko ostalih usmjerivača. *Host route* je ruta do određenih IPv6 adresa. Duljina prefiksa u ovom tipu rute je 128 bita. *Default route* je ruta koja se koristi kada se ne može naći niti jedna od prethodno navedenih ruta. Duljina prefiksa kod *Default route* je 0.

Za određivanje svakog zapisa unutar tablice usmjeravanja, IPv6 uspoređuje bite u mrežnom prefiksu s istim bitovima odredišne IPv6 adrese. Ako svi bitovi u oba zapisa odgovaraju jedni drugima, ruta odgovara odredištu. Ako bitovi ne odgovaraju, stvara se popis odgovarajućih ruta. Odabire se ruta s najvećom duljinom prefiksa (to je ruta koja ima najveći broj bita s odredišnom IPv6 adresom). U tom slučaju ruta s najdužim zapisom je optimalna ruta do odredišta. Ako postoji više zapisa s najvećom duljinom prefiksa, za određivanje se odabire ruta s najmanjom metrikom (*Metric*), odnosno brojem skokova.

Krajnji rezultat u procesu određivanja rute predstavlja jedna ruta u tablici usmjeravanja. Određena ruta propušta adresu i sučelje sljedećeg uređaja u mreži. Ako proces određivanja rute ne uspije, IPv6 pretpostavlja kako je moguće doći do odredišta

lokalno. Ako proces određivanja rute na usmjerivaču ne uspije IPv6 šalje pošiljatelju poruku o neuspjehu (ICMPv6 *Destination Unreachable-No Route Found*) i odbacuje paket [28].

6 OSNOVNE RAZLIKE IZMEĐU PROTOKOLA

Prilikom razvoja IPv6 protokola, nastojalo se zadržati dobre karakteristike IPv4 protokola i samim time pojednostaviti zaglavlje IPv6 paketa. U tablici 2 su prikazane bitne razlike među protokolima i što se uvođenjem IPv6 protokola promijenilo u odnosu na IPv4 protokol.

Tablica 2: Usporedba protokola IPv4 i IPv6

| | Internet protokol verzije 4 | Internet protokol verzije 6 |
|-----------------------------------|--|---|
| Adresa | 32-bitna | 128-bitna |
| Dodjela adrese | Adrese se dodjeljuju prema mrežnoj klasi, ali zbog prepunjavanja adresnog prostora, rade se manje dodjele uz pomoć <i>Classless Inter-Domain Routing</i> (CIDR). | Pomoću IETF (<i>Internet Engineering Task Force</i>) i IAB (<i>Internet Architecture Board</i>) se dodjeljuje prefiks pod mreže |
| Životni vijek adrese | Primjenjuje se samo kod adresa koje su dodijeljene upotrebom DHCP-a (<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>). | IPv6 ima dva životna vijeka: preferirani i važeći gdje je preferirani uvijek manji ili jednak važećem. Nakon isteka preferiranog životnog vijeka, adresu ne treba koristiti kao izvornu IP adresu za nove veze, ako je dostupna preferirana adresa dobra. |
| Maska adrese | Koristi se za označavanje mreže u <i>host</i> dijelu. | Ne koristi se. |
| Prefiks adrese | Ponekad se koristi za označavanje mreže od <i>host</i> dijela. | Označava prefiks pod mreže. Piše se kao /nnn (do 3 decimalne znamenke) |
| Protokol rezolucije adrese | Pomoću IPv4 pronalazi fizičke adrese, kao što su MAC ili <i>link</i> adrese koje su povezane s IPv4 adresom. | IPv6 ubacuje te funkcije unutar IP-a kao dio algoritma za samostalnu autokonfiguraciju i otkrivanje susjeda pomoću ICMPv6 (<i>Internet Control Message Protocol</i> verzije 6) |
| Opseg adrese | Za jednosmjerne IPv4 adrese, ne može se primijeniti. Za njihovu primjenu koriste se određeni rasponi privatnih adresa. | Raspon adresa je dio arhitekture. <i>Unicast</i> adrese imaju dva definirana opsega, a <i>multicast</i> 14 definiranih opsega. |
| Tipovi adresa | <i>Unicast</i> , <i>multicast</i> i <i>broadcast</i> adrese. | <i>Unicast</i> , <i>multicast</i> i <i>anycast</i> adrese. |
| Konfiguriranje | Kako bi se započela komunikacija s drugim | Nije obavezna i ovisi o traženim funkcijama. Sučelja |

| | | |
|---|--|--|
| | sustavom mora se konfigurirati novi sustav, a to znači da IP adrese i smjerovi moraju biti dodijeljeni. | se mogu konfigurirati uz korištenje samostalne konfiguracije ili ručno gdje sustav komunicira s drugim sustavima koji su udaljeni. |
| FTP (<i>File Transfer Protocol</i>) | Dozvoljava slanje i primanje datoteka preko mreža. | Isto kao i kod IPv4 protokola. |
| Fragmenti | Kada je paket prevelik za sljedeći čvor, onda ga pošiljalac može podijeliti na manje dijelove (<i>host</i> ili usmjerivač). | Za IPv6, do fragmentacije može doći samo na izvornom čvoru, a ponovno sastavljanje se može napraviti samo na odredišnom čvoru. Upotrebljava se zaglavlje proširenja fragmentacije. |
| Tablica <i>hosta</i> | Pridružuje adresu Interneta s imenom <i>hosta</i> . | Iste funkcije vrijede i za IPv6 protokol. |
| Sučelje | Koristi se za slanje i primanje paketa i povezana je s IPv4 adresom. Naziva se logičko sučelje. IPv4 sučelja mogu se pokretati i zaustavljati nezavisno jedan o drugome. | Isto vrijedi i za IPv6 protokol. |
| Protokol kontrole poruka Interneta | IPv4 adresa se koristi za komuniciranje mrežnim informacijama. | Također, IPv6 ga koristi za komuniciranje mrežnim informacijama, ali sadrži nove attribute koji podržavaju otkrivanje susjeda i povezane funkcije. |
| Varijabilna dužina IP zaglavlja | Iznosi 20-60 bajta. | Iznosi 40 bajta i zaglavlje IPv6 je jednostavnije od IPv4 zaglavlja. |
| Opcije IP zaglavlja | Opcije su raznolike i prate zaglavlje prije svakog prijenosa. | IPv6 zaglavlje nema opcija, ali ima dodatna proširenja zaglavlja. |
| LAN (<i>Local Area Network</i>) veza | Lokalna mreža koristi IP sučelje da dohvati fizičku mrežu. | Može se upotrijebiti sa svakim <i>Ethernet</i> adapterom. |
| Alat <i>Netstat</i> | <i>Netstat</i> je alat za pregledavanje statusa povezivanja TCP/IP-a. | Isto vrijedi i za IPv6. |
| NAT (<i>Network address translation</i>) | Osnovne funkcije vatrozida povezuju se u TCP/IP. | Trenutno NAT ne podržava IPv6, niti ga IPv6 treba. Prošireni IPv6 adresni prostor, eliminira problem nedostatka adresa i omogućava lakše numeriranje. |
| Filtriranje paketa | Filtriranje paketa je osnovna funkcija vatrozida integrirane u TCP/IP. | Filtriranje paketa ne podržava IPv6. |

| | | |
|---|--|--|
| Prosljeđivanje paketa | TCP/IP može se konfigurirati da prosljeđuje IP pakete koje prima za ne lokalnu IP adresu. | Prosljeđivanje paketa ima ograničenu podršku. |
| PING | PING je osnovni alat TCP/IPa za provjeravanje dostupnosti. | Isto vrijedi i za IPv6. |
| Privatne i javne adrese | Sve IPv4 adrese su javne, osim tri raspona adresa koje su označene kao privatne, a to su: 172.16.0.0, 172.31.255.255 i 192.168.*.*. | IPv6 ima analogni koncept, ali s važnim razlikama. Adrese su javne ili privremene, prethodno označene kao anonimne. Privremene adrese štite identitet klijenata kada započinje komunikacija. Privremene adrese imaju ograničeni životni vijek. Privremene adrese ne razlikuju se od javnih adresa. |
| Tablica protokola | Tablica protokola je konfigurirajuća tablica koja povezuje ime protokola sa svojim pridruženim brojem protokola. Primjer je UDP, 17. | Tablica se može koristiti bez značajnih promjena. |
| Kvaliteta usluge | Omogućuje da se zatraži prioritet paketa i pojasnu širinu za TCP/IP aplikacije. | Definiraju kako će se čvor ponašati prema paketu u ovisnosti o njegovom sadržaju. Ovisno o tipu prometa, usmjerivači mogu tretirati različite pakete na različit način, ovisno o prioritetu i osigurati zadovoljavajuću razinu usluge. |
| Rute | Mapiranje seta IP adresa na fizičko sučelje i pojedinačnu adresu sljedećeg čvora IP-a. IP paketi čija je odredišna adresa definirana kao dio skupa koji se prosljeđuju do idućeg skoka. IPv4 pridruženi su IPv4 sučelju. | Slično se koristi i kod IPv6, ali postoji jedna važna razlika. IPv6 rute vezane su s fizičkim sučeljem. Razlog tomu je zato što se funkcije izbora izvorne adrese razlikuju od onih za IPv4. |
| Slojevi prijenosa | TCP, UDP i RAW (koristi se za direktno slanje i primanje IP paketa) | Isti slojevi prijenosa koriste se i kod IPv6. |
| Virtualna privatna mreža VPN (Virtual private network) | Virtualna privatna mreža dozvoljava proširenje sigurne, privatne mreže preko postojeće javne mreže. | Na isti način se koristi i kod IPv6. |
| Usmjeravanje | Paketi se prosljeđuju na temelju odredišne IP adrese. Tablica usmjeravanja se kreira po <i>defaultu</i> i administrator ih unosi ručno. | Usmjeravanje je slično kao i kod IPv4, ali kod ove verzije, tablica usmjeravanja nalazi se u svakom čvoru. |

Izvor: [29]

Iz tablice 2 je vidljivo kako su se uvođenjem novog IPv6 protokola ispravili nedostaci koje je IPv4 protokol imao. Najveći problem kod IPv4 protokola je količina adresa koje su dodijeljene korisnicima jer je broj IP adresa sve veći, a raspon IPv4 protokola to ne može prihvatiti.

Najznačajnija promjena odnosi se na polje „Opcije“. Kod IPv4 koristi se za dodavanje informacija o raznim opcionalnim uslugama i iz tog razloga dužina zaglavlja IPv4 paketa nije ujednačena i ovisi o broju korištenih opcija, te se usporava postupak obrade. IPv6 u polju „Opcije“, informacije o dodatnim uslugama pomiče u ekstenziju zaglavlja. Polje „Sažetak zaglavlja“ koristi se kod kontrole integriteta sadržaja zaglavlja. Ovo polje kod IPv6 je uklonjeno, zato što smanjuje količinu posla kojeg obavljaju usmjernici i na taj način se smanjuje kašnjenje. Polje „Vrsta usluge“, kod IPv4 koristi se za označavanje prioriteta paketa. IPv6 omogućuje istu stvar, ali se to polje naziva „Prioritet“. Polje „Tok paketa“ uvedeno je u IPv6 kako bi se odredio slijed paketa određene usluge, a kod IPv4 ta funkcionalnost postoji, ali zahtijeva veći broj provjera mrežnih priključaka i adresa [23].

7 ZAKLJUČAK

Za prijenos informacija u informacijsko-komunikacijskim sustavima potrebne su IP adrese. Svaki korisnik ima svoju jedinstvenu adresu, pa je tako lakše identificiranje. Danas se koristi IPv4 protokol. U planu je zamjena IPv4 protokola s novom verzijom IPv6. Kada se uveo IPv4, veličina od 32 bita bila je dovoljna da posluži tadašnji broj uređaja, ali danas, ima puno više uređaja koji sadrže neku IP adresu i zato se IPv6 smatra protokolom novije generacije. Uvođenjem IPv6 protokola, među ostalim, pojednostavljeno je zaglavlje, povećao se adresni prostor, uvedene su sigurnosne značajke.

Kod IPv4 protokola, usmjeravanje se odrađuje na temelju odredišne IP adrese. Kod direktnog dostavljanja paketi se šalju rutom koja uključuje samo izvoriste i odredište te nema posrednika među njima, dok se kod indirektnog dostavljanja paketi šalju preko više usmjernika kako bi on stigao do odredišta. Kod IPv6 protokola, usmjeravanje je slično kao i kod IPv4, ali kod ovog protokola se prije korištenja tablice usmjeravanja provjerava baza za prosljeđivanje informacija kako bi se tražila potvrda o odredišnoj adresi.

Najznačajnije promjene odnose se na zaglavlje oba protokola. Kod IPv6, neka polja su zadržana, ali su promijenila poziciju i naziv, neka polja su izbačena, a jedno polje je dodano. Kako se razvijao IPv6, zadržane su dobre karakteristike od IPv4, a nedostaci su ispravljeni. Usporednim prikazom značajki protokola različitih verzija prema određenim kriterijima kao što su primjerice: veličina adrese, zaglavlje, privatne i javne adrese, kvaliteta usluge, rute, usmjeravanje, mogu se uočiti prednosti protokola verzije 6.

Zaključno, pri uspoređivanju IPv4 i IPv6 protokola postoje razlike u vidu poboljšanja IPv6 protokola u odnosu na IPv4. Povećao se broj raspoložih adresa, pojednostavljeno je zaglavlje, nepotrebna i zastarjela polja su izbačena, moguće je direktno usmjeravanje zbog većeg adresnog prostora i zbog toga je usmjeravanje učinkovitije.

LITERATURA

- [1] Mrvelj, Š.: *Promet u Internet mreži*, autorizirano predavanje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2009.
- [2] URL: <http://www.tcpipguide.com/free/diagrams/tcpiplayers.png> (pristupljeno: svibanj, 2015.)
- [3] Kavran, Z., Grgurević, I.: *OSI slojevi, Mediji za prijenos podataka*, autorizirano predavanje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
- [4] Mrvelj, Š.: *Slojevite arhitekture*, autorizirano predavanje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
- [5] URL: <http://www.startnetworks.info/2011/08/ipv6-and-ipv4-headers.html> (pristupljeno: rujan, 2016.)
- [6] URL: <http://sistemac.carnet.hr/node/393> (pristupljeno: svibanj, 2015.)
- [7] URL: <https://brakussale.wordpress.com/2013/02/28/ispоруka-prosledivanje-i-rutiranje-ip-datagrama> (pristupljeno: rujan, 2016.)
- [8] Kavran, Z., Grgurević, I.: *Mrežni sloj*, autorizirano predavanje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
- [9] URL: http://www.tutorialspoint.com/ipv4/ipv4_summary.htm (pristupljeno: svibanj, 2015.)
- [10] URL: <http://www.thenetworkadministrator.com/hack/SubnetAddressing.htm> (pristupljeno: srpanj, 2015.)
- [11] URL: <http://www.unidu.hr/unidu/kp/IPadrese.pdf> (pristupljeno: srpanj, 2015.)
- [12] URL: http://www.tcpipguide.com/free/t_IPDatagramGeneralFormat.htm (pristupljeno: srpanj, 2015.)
- [13] URL: <https://advancedinternettechnologies.wordpress.com/ipv4-header/> (pristupljeno: rujan, 2016.)
- [14] URL: <http://www.zemris.fer.hr/~sgros/stuff/mr/04.pdf> (pristupljeno: rujan, 2016.)
- [15] URL: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/dd379547%28v=ws.10%29.aspx> (pristupljeno: srpanj, 2015.)
- [16] URL: <http://www.thegeekstuff.com/2012/03/ip-protocol-header> (pristupljeno: rujan, 2016.)
- [17] URL: <http://www.hitechmv.com/ipv4-unicast-broadcast-and-multicast/> (pristupljeno: rujan, 2016.)

- [18] URL: <http://ipv6now.com.au/whyipv6.php> (pristupljeno: rujan, 2016.)
- [19] URL: http://www.srce.unizg.hr/arhiva_weba/20101105/sistamac.srce.hr/index.php%3Fid%3D35%26tx_ttnews%5BpS%5D%3D1246399200%26tx_ttnews%5BpL%5D%3D2678399%26tx_ttnews%5Barc%5D%3D1%26tx_ttnews%5Btt_news%5D%3D324%26tx_ttnews%5BbackPid%5D%3D34%26cHash%3Dbdfe37cb47.html (pristupljeno: srpanj, 2015.)
- [20] URL: <https://www.carnet.hr/tematski/ipv6/zaglavljia.html> (pristupljeno: rujan, 2016.)
- [21] URL: <http://docs.oracle.com/cd/E19455-01/806-0916/6ja8539bd/index.html> (pristupljeno: srpanj, 2015.)
- [22] URL: <http://ipv6.com/articles/general/IPv6-Header.htm> (pristupljeno: rujan, 2016.)
- [23] URL: <http://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/CCERT-PUBDOC-2006-11-173.pdf> (pristupljeno: srpanj, 2015.)
- [24] URL: <http://www.unidu.hr/unidu/ukm/IP%20usmjeravanje.pdf> (pristupljeno: kolovoz, 2015.)
- [25] URL: <http://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/CCERT-PUBDOC-2007-02-183.pdf> (pristupljeno: kolovoz, 2015.)
- [26] URL: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/dd379495%28v=ws.10%29.aspx> (pristupljeno: kolovoz, 2015.)
- [27] URL: <http://linux-ip.net/html/routing-cache.html> (pristupljeno: rujan, 2016.)
- [28] URL: [https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc781672\(v=ws.10\).aspx#w2k3tr_ipv6_how_cvln](https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc781672(v=ws.10).aspx#w2k3tr_ipv6_how_cvln) (pristupljeno: srpanj, 2016.)
- [29] URL: http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/ssw_ibm_i_71/rzai2/rzai2compip4ipv6.htm (pristupljeno: srpanj, 2015.)

POPIS ILUSTRACIJA

Popis slika

| | |
|---|----|
| Slika 1: Prikaz OSI referentnog modela i TCP/IP modela, [2]..... | 2 |
| Slika 2: Struktura IP datagrama..... | 3 |
| Slika 3: Usporedba IP zaglavlja različitih verzija protokola, [5] | 4 |
| Slika 4: Usmeravanje paketa, [7] | 7 |
| Slika 5: Zaglavlje IPv4 protokola, [12]..... | 10 |
| Slika 6: Komuniciranje putem <i>unicast</i> adrese, [17] | 14 |
| Slika 7: Komuniciranje putem <i>multicast</i> adrese, [17] | 15 |
| Slika 8: Komunikacija putem <i>broadcast</i> adrese, [17] | 17 |
| Slika 9: Zaglavlje IPv6 protokola, [21]..... | 19 |
| Slika 10: Globalna jednodređišna adresa, [23] | 21 |
| Slika 11: Adresa lokalne poveznice, [23] | 22 |
| Slika 12: Adresa administrativne domene, [23]..... | 22 |
| Slika 13: Jedinstvena lokalna IPv6 jednodređišna adresa, [23] | 23 |
| Slika 14: Višedređišna adresa, [23] | 24 |
| Slika 15: Višedređišna adresa na zahtjev čvora, [23] | 25 |
| Slika 16: Prikaz direktnog i indirektnog dostavljanja, [26] | 29 |

Popis tablica

| | |
|---|----|
| Tablica 1: Klase IP adrese..... | 9 |
| Tablica 2: Usporedba protokola IPv4 i IPv6..... | 33 |

POPIS KRATICA

| | |
|--------|--|
| IP | (<i>Internet protocol</i>) standardni internetski protokol |
| TCP/IP | (<i>Transmission Control Protocol/Internet protocol</i>) osnovni komunikacijski jezik ili protokol na Internetu |
| OSI | (<i>Open System Interconnection Model</i>) referentni model, sastoji se od sedam slojeva |
| IHL | (<i>Internet Header Length</i>) |
| LAN | (<i>Local Area Network</i>) lokalna mreža unutar jedne prostorije |
| WAN | (<i>Wide Area Network</i>) širokopojasna mreža koja pokriva veće područje |
| MAC | (<i>Media Access Control</i>) fizička adresa računala |
| ARP | (<i>Address Resolution Protocol</i>) komunikacijski protokol pomoću kojega se dobiva fizička adresa na lokalnoj mreži iz poznate mrežne adrese |
| TCP | (<i>Transmission Control Protocol</i>) protokol za nadzor prijenosa je konekcijski orijentirani protokol |
| UDP | (<i>User Datagram Protocol</i>) protokol korisničkih datagrama je nekonekcijski orijentirani protokol |
| NetID | (<i>Network identification</i>) je identifikator mreže |
| HostID | identifikator krajnjeg računala |
| ICANN | (<i>Internet Corporation for Assigned Names and Numbers</i>) organizacija koja upravlja sustavom domena i prostora IP adresa |
| NAT | (<i>Network Address Translation</i>) virtualizacija IP adresa, pomaže poboljšati sigurnost i smanjiti broj adresa |
| IANA | (<i>Internet Assigned Numbers Authority</i>) odgovorni za globalnu koordinaciju, IP adresiranja i drugih IP resursa |

| | |
|--------|---|
| CIDR | (<i>Classless Inter-Domain Routing</i>) metoda dodjele IP adrese i usmjeravanje IP paketa |
| IETF | (<i>Internet Engineering Task Force</i>) razvija i promiče Internet standarde |
| IAB | (<i>Internet Architecture Board</i>) nadzor tehničkih i inženjerskih razvoja Interneta |
| DHCP | (<i>Dynamical Host Configuration Protocol</i>) |
| ICMPv6 | (<i>Internet Control Message Protocol</i> verzije 6) komunikacijski protokol ugrađen u svaki IP modul kako bi se omogućilo slanje poruka o grešci, namijenjen je za protokol verzije 6 |
| DNS | (<i>Domain Name System</i>) |
| API | (<i>Application Programming Interface</i>) sučelje za programiranje aplikacija |
| RSVP | (<i>Resource reSerVation Protocol</i>) protokol za rezervaciju resursa |

METAPODACI

Naslov rada: Usporedba protokola IPv4 i IPv6

Student: Mateja Jasak

Mentor: izv. prof. dr. sc. Štefica Mrvelj

Naslov na drugom jeziku (engleski): Comparison of IPv4 and IPv6 Protocols

Povjerenstvo za obranu:

- doc. dr. sc. Niko Jelušić, predsjednik
- izv. prof. dr. sc. Štefica Mrvelj, mentor
- dr. sc. Marko Matulin, član
- prof. dr. sc. Zvonko Kavran, zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za informacijsko komunikacijski promet

Vrsta studija: Preddiplomski

Studij: Promet (npr. Promet, ITS i logistika, Aeronautika)

Datum obrane diplomskog rada: 13.09.2016.

Napomena: pod datum obrane diplomskog rada navodi se prvi definirani datum roka obrane.



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom **Usporedba protokola IPv4 i IPv6**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 7.9.2016.

Student/ica:

Mateja Jasab

(potpis)